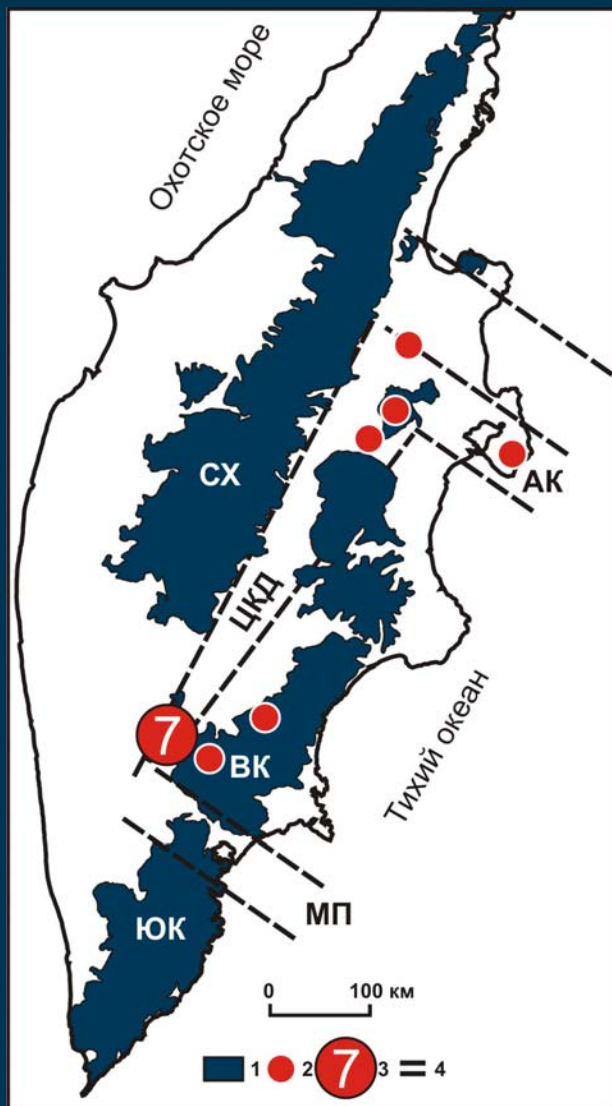


Адакитовый, Mg# андезитовый и NEB магматизм деструктивных границ литосферных плит (Центральная Камчатская Депрессия)

*Перепелов А.Б., Чащин А.А., Павлова Л.А., Цыпукова С.С., Демонтерова Е.И.,
Плечов П.Ю., Щербаков В.Д., Ильина Н.Н., Щербаков Ю.Д.*

*Институт геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН, Иркутск
Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, Владивосток
Институт земной коры СО РАН, Иркутск
Московский государственный университет, геологический факультет, Москва*

Как следует из результатов исследований последних десятилетий, в истории магматического и геодинамического развития островодужной системы Камчатки, помимо установленных ранее различных геохимических серий пород, фиксируется еще один важнейший тип магматических процессов, приводящих к формированию примитивных андезитовых магм.



Это магниальный андезитовый вулканизм, установленный для районов Корякского перешейка (Kerezhinskas et al., 1989; 1995; 1996), и магниальный андезитовый вулканизм Северного сегмента ЦКД и структуры Алеутско-Камчатского сочленения (Волынец и др., 1997; 1998, 1999, 2000; Yagodinski et al., 2000; Portnyagin et al., 2007). Авторами указанных работ делаются выводы о связи примитивного магниального ($Mg\# > 0.6$) вулканизма с процессами магмообразования на деструктивных границах и в краевых частях субдуцируемой океанической литосферы под влиянием астеносферной мантии. Показано, что магматизм такого типа может являться индикаторным при расшифровке истории и установлении особенностей геодинамического развития зон перехода «океан-континент».

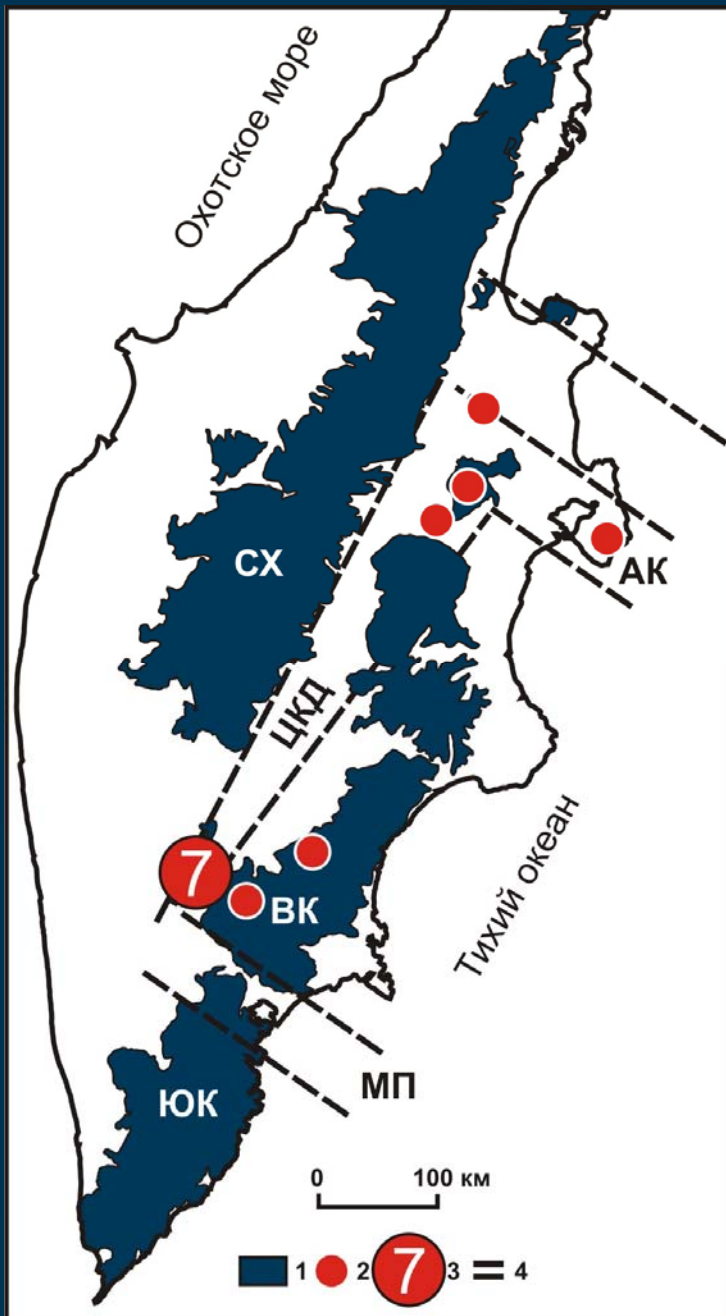
Начало изучения магнезиального андезитового вулканизма связано с обнаружением пород такого типа на Алеутской островной дуге (о. Адак) (Кау, 1978). Позднее для магнезиальных андезитов было введено наименование «адакиты» (Defant, Drummond, 1990).

Адакитами названы вулканические породы среднего и кислого состава ($\text{SiO}_2 > 56$ мас.%, $\text{Al}_2\text{O}_3 > 15$ мас.%, $\text{MgO} < 3-6$ мас.%) с низкими, относительно IAB, концентрациями Y (≤ 16 ppm) и HREE ($\text{Yb} \leq 1.9$ ppm), низкими, типичными для IAB содержаниями HFSE компонентов (Nb, Ta) и высокими концентрациями Sr (> 400 ppm).

В работе (Kelemen et al., 2003) Mg# андезиты отнесены к типу примитивных магм с коэффициентом магнезиальности $\text{Mg}\# > 0.6$.

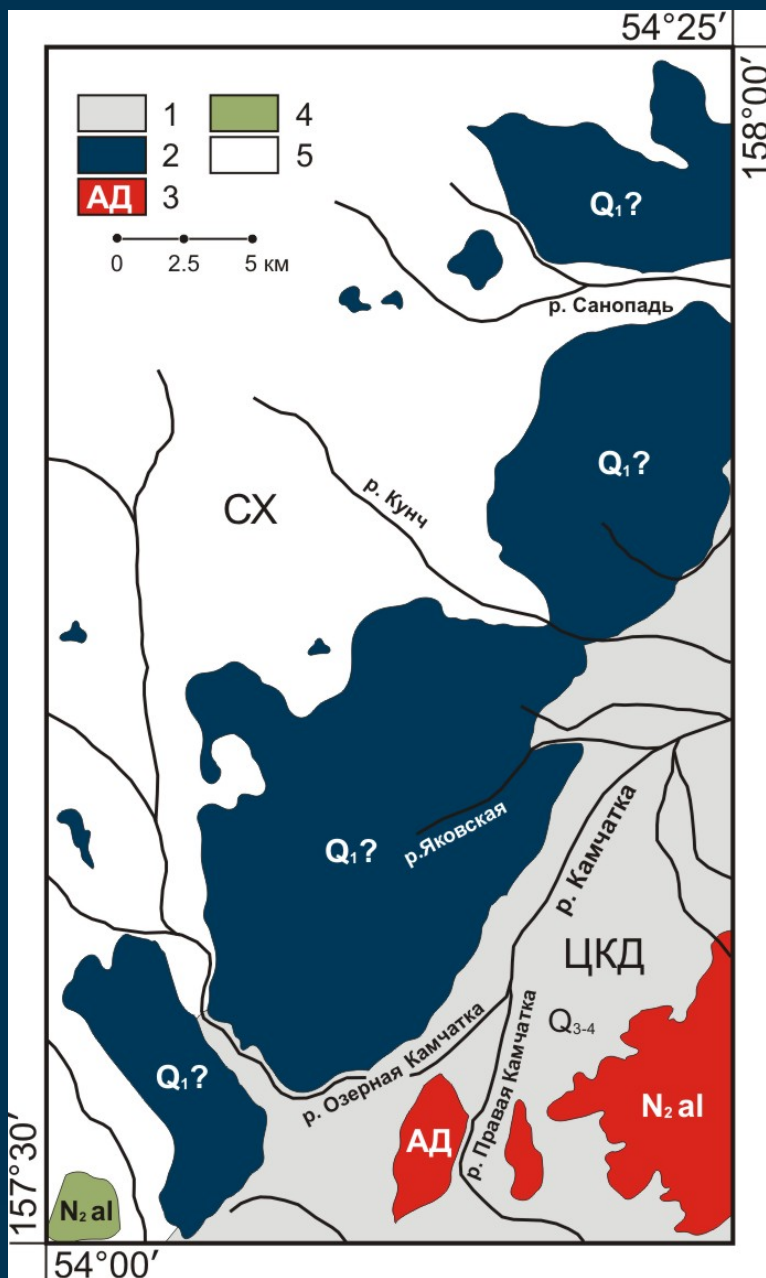
В обзоре (Martin et al., 2005) адакиты разделены на две группы в соответствии с уровнями кремнекислотности: HSA – высококремнистые адакиты ($\text{SiO}_2 > 60\%$) и LSA – низкокремнистые адакиты ($\text{SiO}_2 < 60\%$).

Mg# андезиты и адакиты довольно часто ассоциируют в пределах конкретных вулканических объектов и районов с базальтоидами, имеющими повышенные концентрации HFSE (Ti, Nb, Ta) (Sajona et al., 1996). Среди них выделяются обогащенные Nb базальты (NEB) и высоко Nb базальты (HNB).



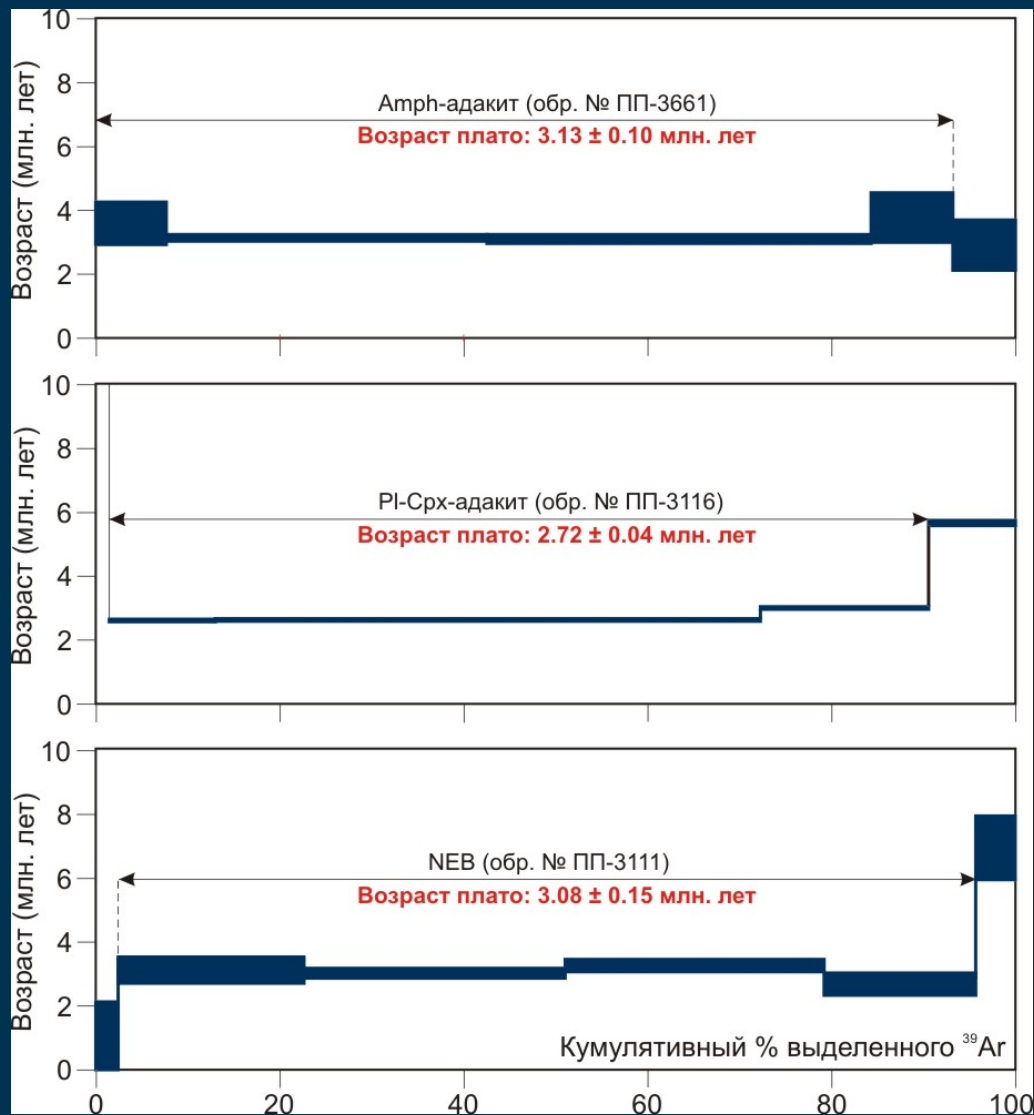
Большинство известных типов пород адакитовой ассоциации обнаружены нами в строении уникального вулканического комплекса в междуречье рек Правая и Озерная Камчатка и горы Оленья в южной части Центральной Камчатской депрессии.

1. Высоко Nb базальты.
2. Обогащенные Nb базальты и андезито-базальты.
3. Mg# андезито-базальты
4. Mg# андезиты
5. Адакиты низкокремнистого и высококремнистого типов.



Геологическая карта М 1:200000, N-57-XIV
(Марченко, 1974), схема авторов.

1 – аллювиальные, ледниковые и водно-ледниковые отложения (Q_{2-4}); 3 – лавовые плато базальтового, андезитобазальтового и андезитового состава ($Q_1?$); 3 – АД - вулканический комплекс с породами Mg# андезитовой и NEB-адакитовой ассоциации ($Q_1?$); 4 – лавопирокластические образования алнейской серии (N_{2al}); 5 – вулканогенно-осадочные отложения, интрузивные тела и метаморфические комплексы Срединного хребта Камчатки (N_1 -Mz).



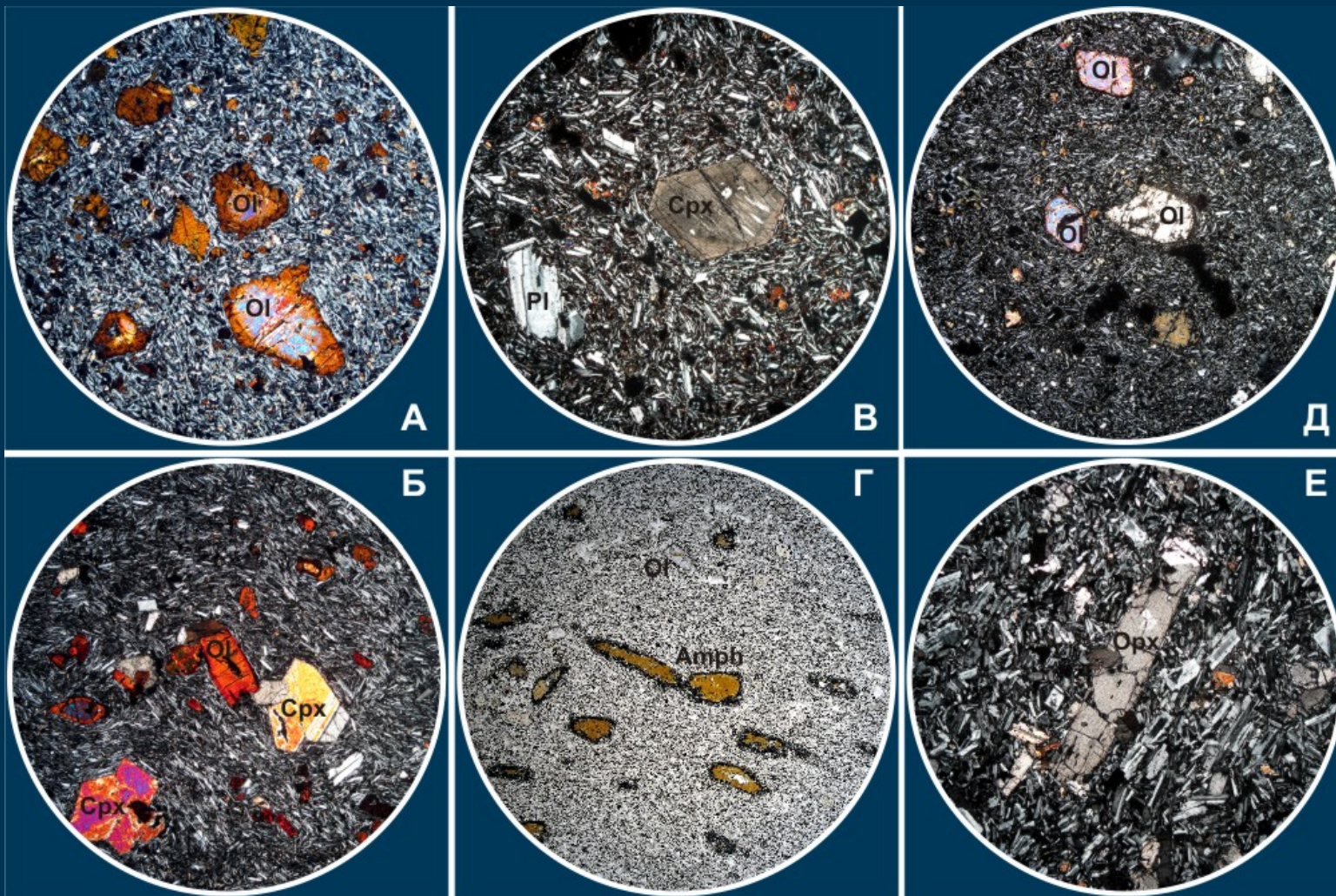
$^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ датирование выполнено А.В. Травиным в Институте геологии и минералогии им. В.С. Соболева СО РАН методом ступенчатого прогрева с измерением аргона на масс-спектрометре «Micromass 5400».

Возраст изученного массива по данным геолого-съёмочных работ и на основании стратиграфического анализа и палеомагнитных датировок плато-базальтов территории рассматривался как раннечетвертичный (~1 млн. лет) (Марченко, 1974).

Проведенное инструментальное датирование NEB и Pl-Crx адakitов вулканической постройки $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ методом (2 обр.) указывает на их более ранний возраст в диапазоне 3.13-2.72 млн. лет (N_2^2 , средний плиоцен).

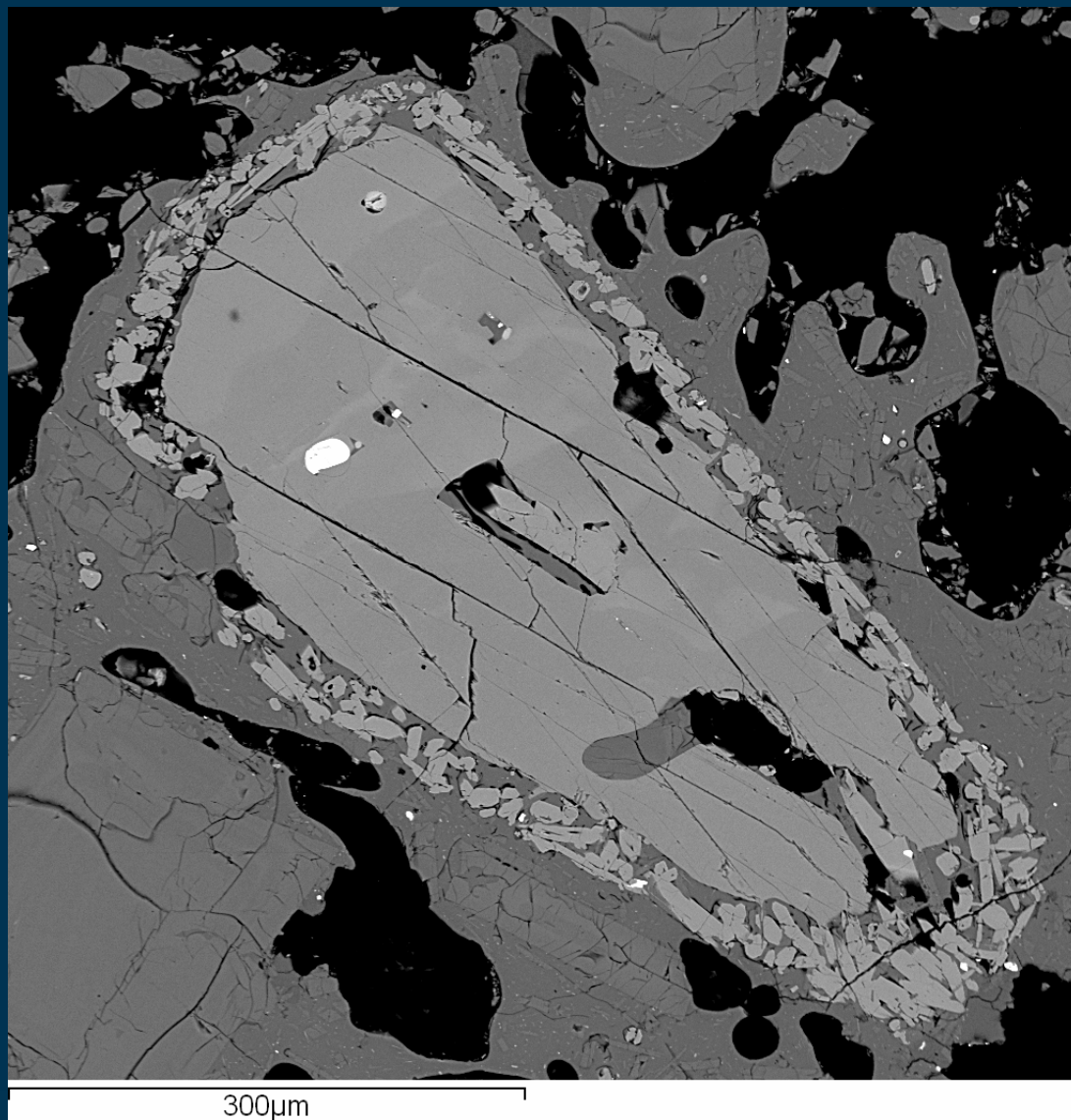


Лавобрекчия Mg# андезито-базальтов



Минеральные парагенезисы пород Mg# андезитовой и NEB-адакитовой ассоциации южного фланга ЦКД.

Изображения в прозрачно полированных шлифах, николи скрещены. А – базальты NEB типа, Б – андезито-базальты NEBA типа, В – Pl-Cpx адакиты, Г – Amph-Cpx-Pl-Ol адакиты, Д – лавы Mg# андезито-базальтов, Е – Mg# андезиты экструзий.



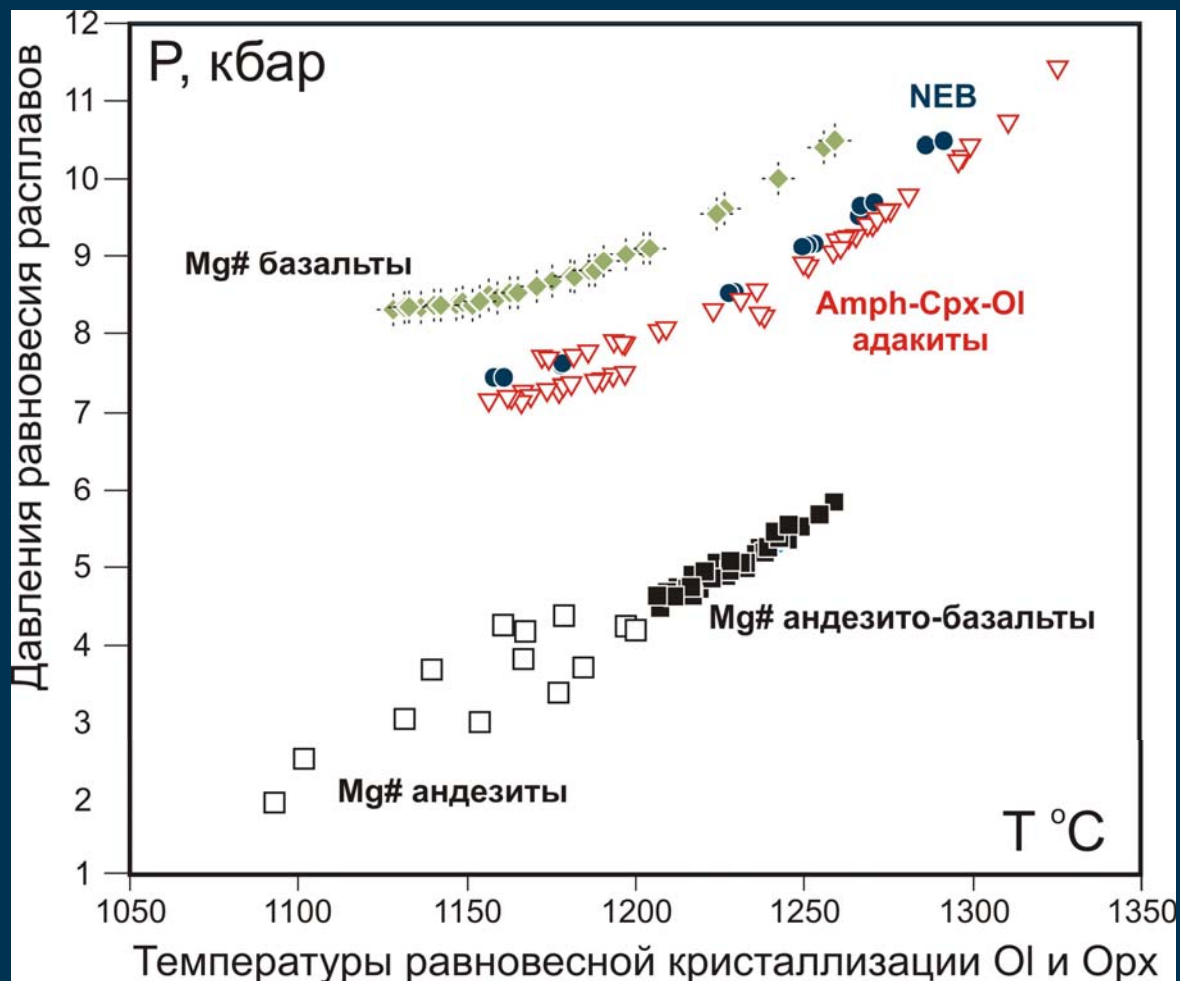


Диаграмма P-T условий равновесной кристаллизации ОI и Орх для пород Mg# андезитовой и NEB-адакитовой ассоциации южного фланга ЦКД.

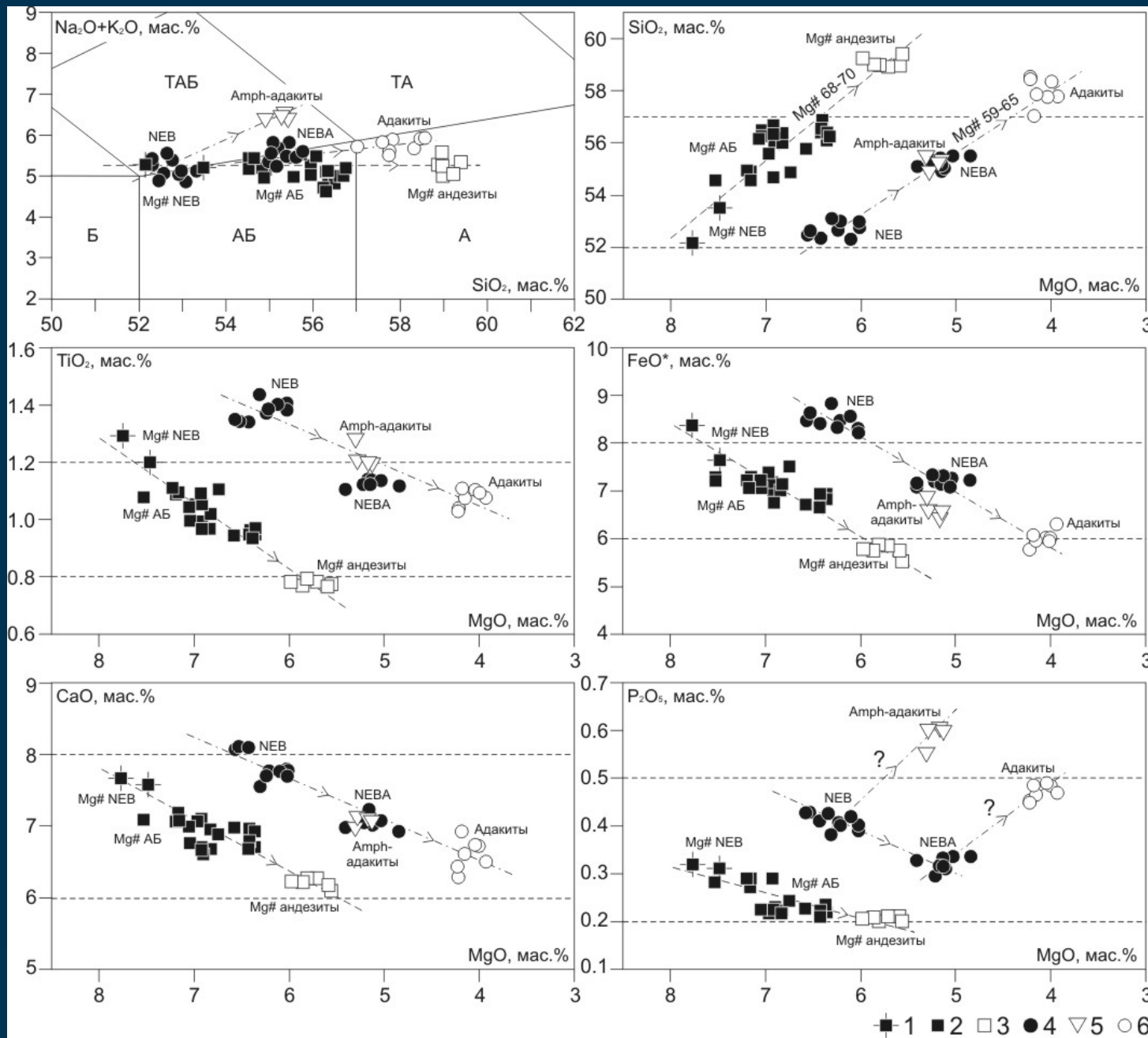
Для NEB, Amph-Срх-Pl-OI адакитов, Mg# базальтов и Mg# андезитово-базальтов РТ условия рассчитаны для системы «ОI-расплав», для Mg# андезитов – для системы «Орх-расплав». Расчеты проведены по эмпирическим геотермометрам и геобарометрам (Putirka, 2008).

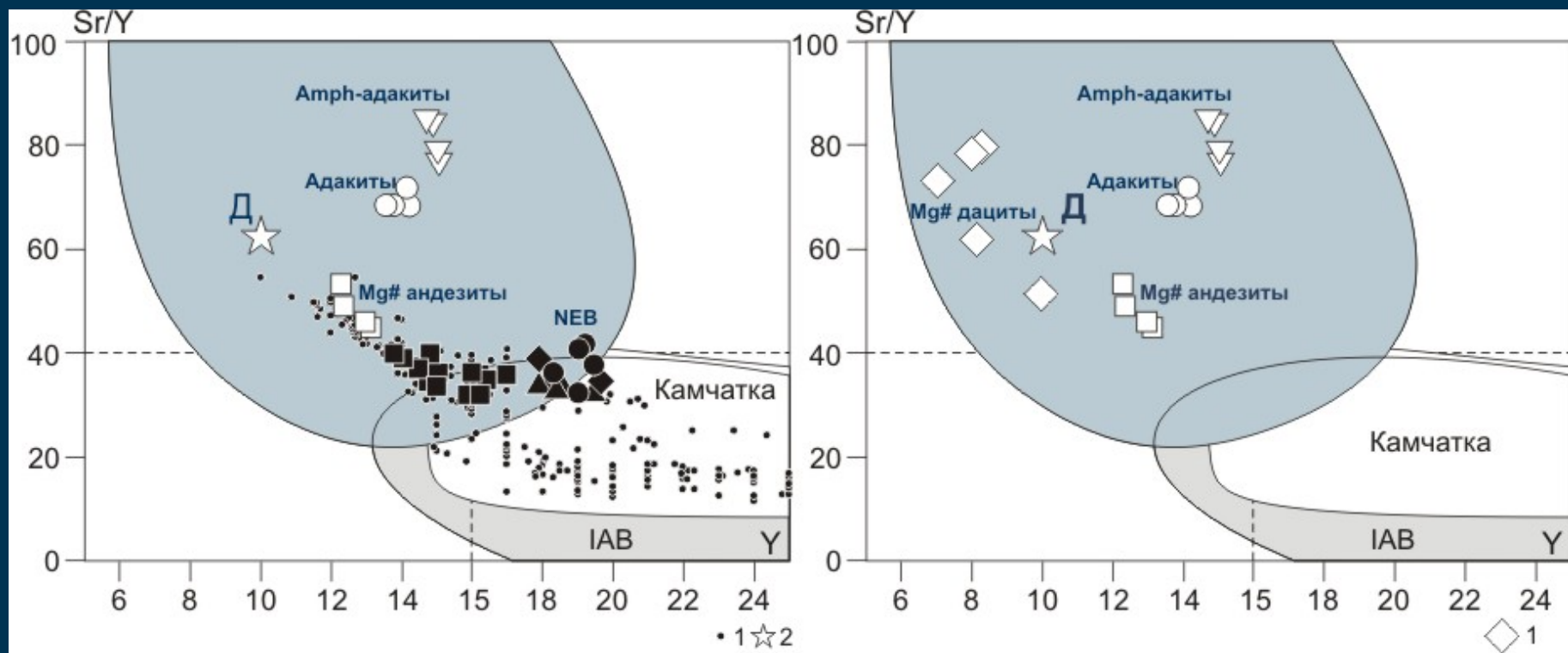
Составы пород NEB-адакитовой и Mg# андезитовой ассоциации

№ обр.	3648	3110	3113	3654	3661	3116	3646	3660	3643	2630	3663
Порода	Mg# NEB	NEB	NEBA	Amph- адакиты		Pl-Срх адакиты		Mg# АБ		Mg# А	
SiO ₂	52.15	52.30	55.47	55.28	55.45	58.32	58.88	54.54	55.96	58.97	59.40
TiO ₂	1.36	1.40	1.12	1.20	1.28	1.09	0.93	1.08	0.97	0.79	0.77
Al ₂ O ₃	15.76	16.35	16.92	16.45	16.27	16.24	16.59	15.96	15.83	16.19	16.18
Fe ₂ O ₃	3.58	7.59	4.92	5.21	4.51	5.18	4.24	3.33	6.21	2.57	2.57
FeO	5.21	1.80	2.83	1.80	2.87	1.40	1.98	4.31	1.44	3.59	3.23
MnO	0.13	0.12	0.11	0.11	0.11	0.10	0.09	0.13	0.11	0.11	0.10
MgO	7.77	6.10	4.84	5.17	5.30	4.00	4.22	7.53	6.83	5.81	5.56
CaO	7.66	7.78	6.92	7.17	6.96	6.71	6.28	7.09	6.95	6.27	6.09
Na ₂ O	3.92	4.01	4.28	4.68	4.43	4.33	4.47	3.88	4.05	3.91	4.09
K ₂ O	1.35	1.42	1.54	1.81	1.98	1.34	1.45	1.30	1.21	1.31	1.25
P ₂ O ₅	0.32	0.42	0.34	0.61	0.55	0.48	0.45	0.28	0.22	0.21	0.21
LOI	0.76	0.86	0.60	0.49	0.35	0.84	0.53	0.75	0.29	0.36	0.43
Сумма	99.97	100.15	99.88	99.97	100.05	100.04	100.10	100.17	100.06	100.08	99.87

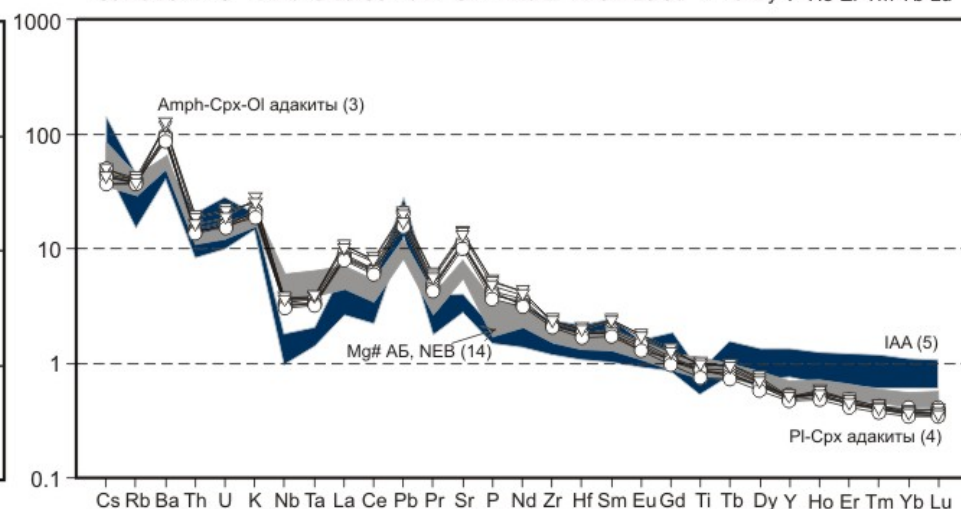
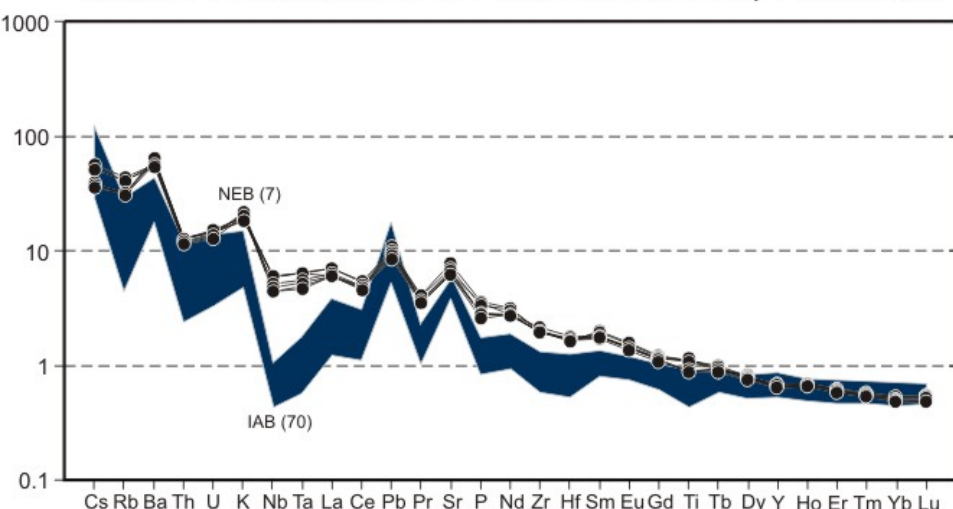
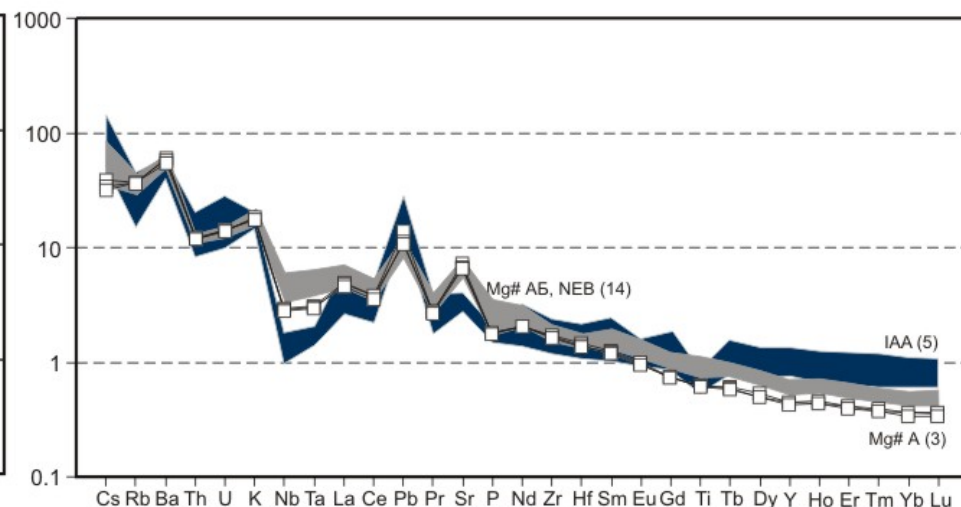
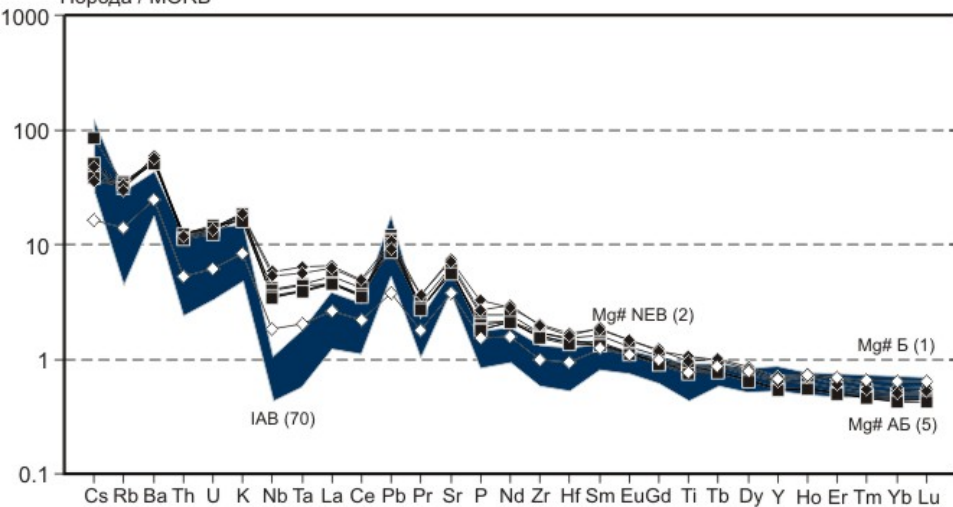
Составы пород NEB-адакитовой и Mg# андезитовой ассоциации

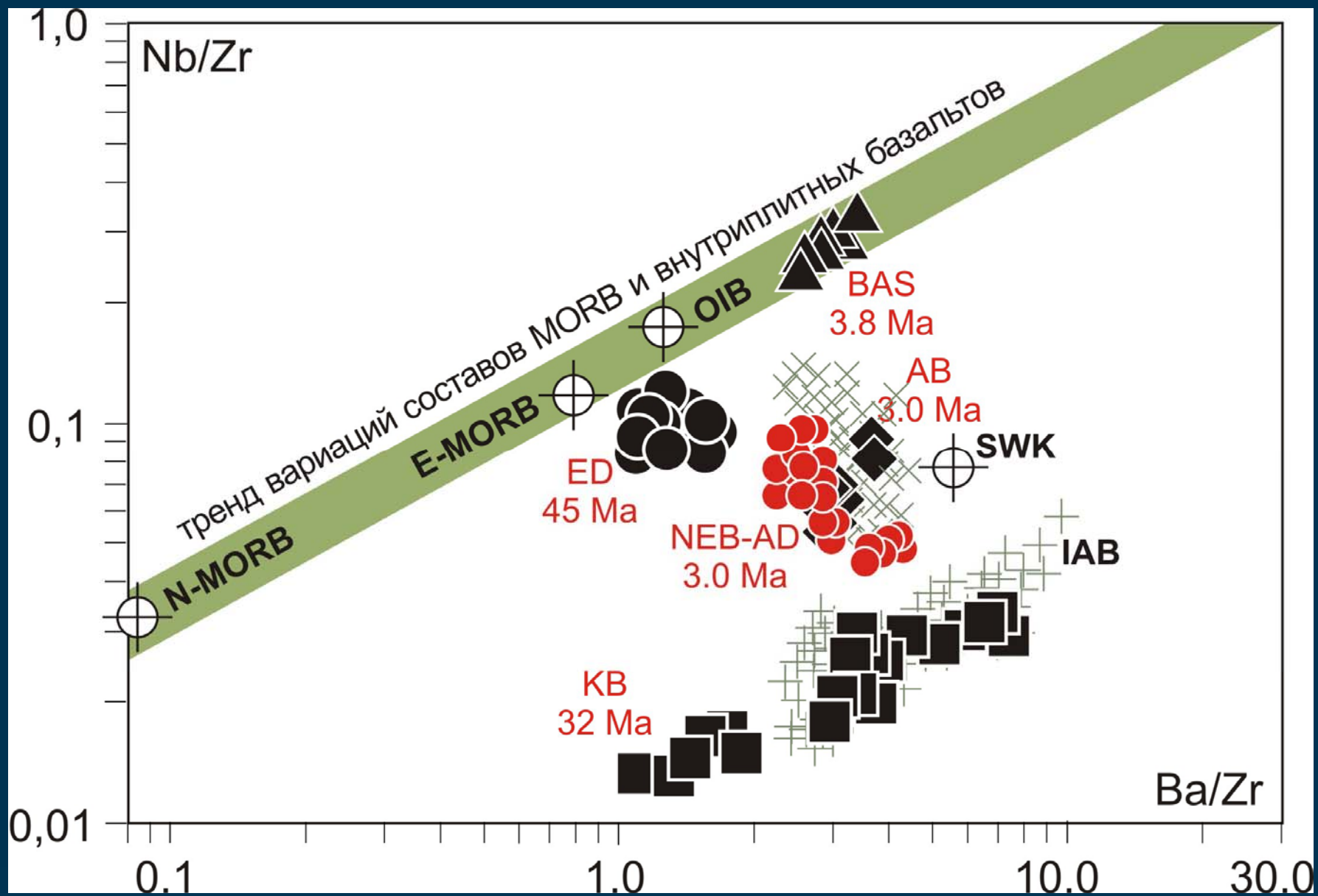
Порода	Mg-NEB	NEB	NEBA	Amph-адакиты		Pl-Cpx адакиты		Mg# АБ		Mg# А	
Rb	18	17	25	22	26	21	23	22	20	22	20
Cs	0.35	0.25	0.30	0.22	0.35	0.25	0.31	0.23	0.37	0.27	0.22
Ba	376	369	312	719	763	567	526	337	338	344	382
Sr	662	562	552	1198	1100	919	889	576	555	581	654
Sc	22	22	19	17	16	15	15	20	19	15	20
Co	40	37	29	26	29	28	27	41	38	29	31
Ni	167	148	112	83	75	46	75	190	161	156	149
Cr	258	229	159	170	160	116	163	371	316	299	278
V	201	239	194	207	200	156	160	178	169	128	137
Pb	3.2	3.2	2.5	5.9	5.1	4.6	3.9	2.6	3.3	3.3	4.1
Ta	0.85	0.66	0.70	0.48	0.48	0.44	0.42	0.68	0.52	0.41	0.39
Nb	12.8	10.4	11.2	8.7	8.2	7.2	6.7	11.0	7.6	6.0	6.4
Zr	149	155	159	163	164	168	141	132	113	120	127
Hf	3.43	3.47	3.41	4.11	3.98	3.70	3.14	3.33	2.83	2.79	2.97
Th	1.75	1.22	1.30	2.73	2.23	1.62	1.74	1.50	1.34	1.18	1.42
U	0.74	0.53	0.65	1.01	0.88	0.59	0.81	0.63	0.65	0.63	0.67
La	16.2	16.2	14.1	26.7	24.3	20.3	18.1	14.92	11.6	12.1	12.02
Yb	1.55	1.60	1.48	1.28	1.14	1.09	1.08	1.64	1.39	1.11	1.10
Y	17.8	19.0	18.0	14.8	15.1	14.9	13.6	18.9	15.5	12.1	12.6
Sr/Y	37	30	31	81	73	62	65	31	36	48	52

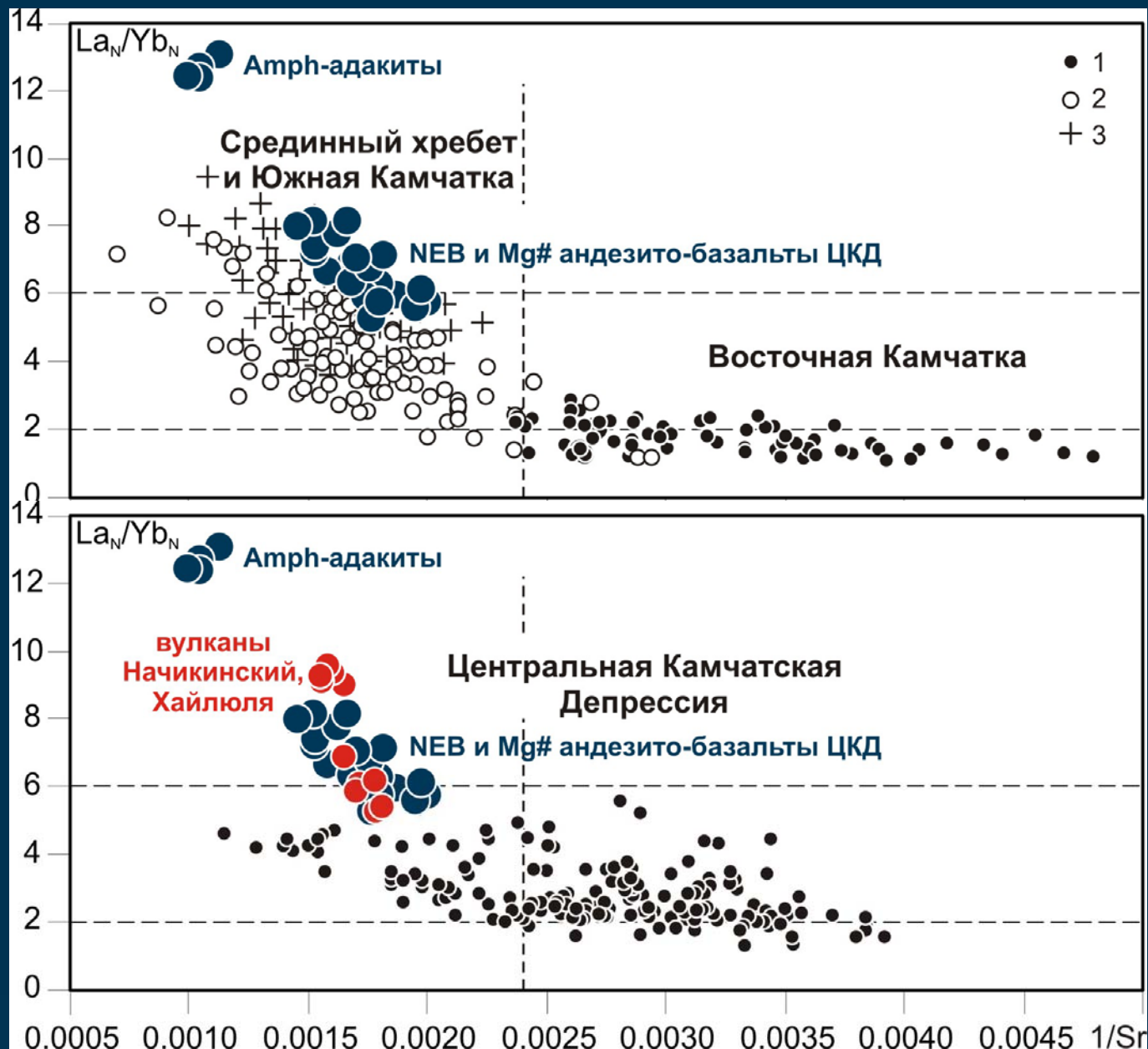




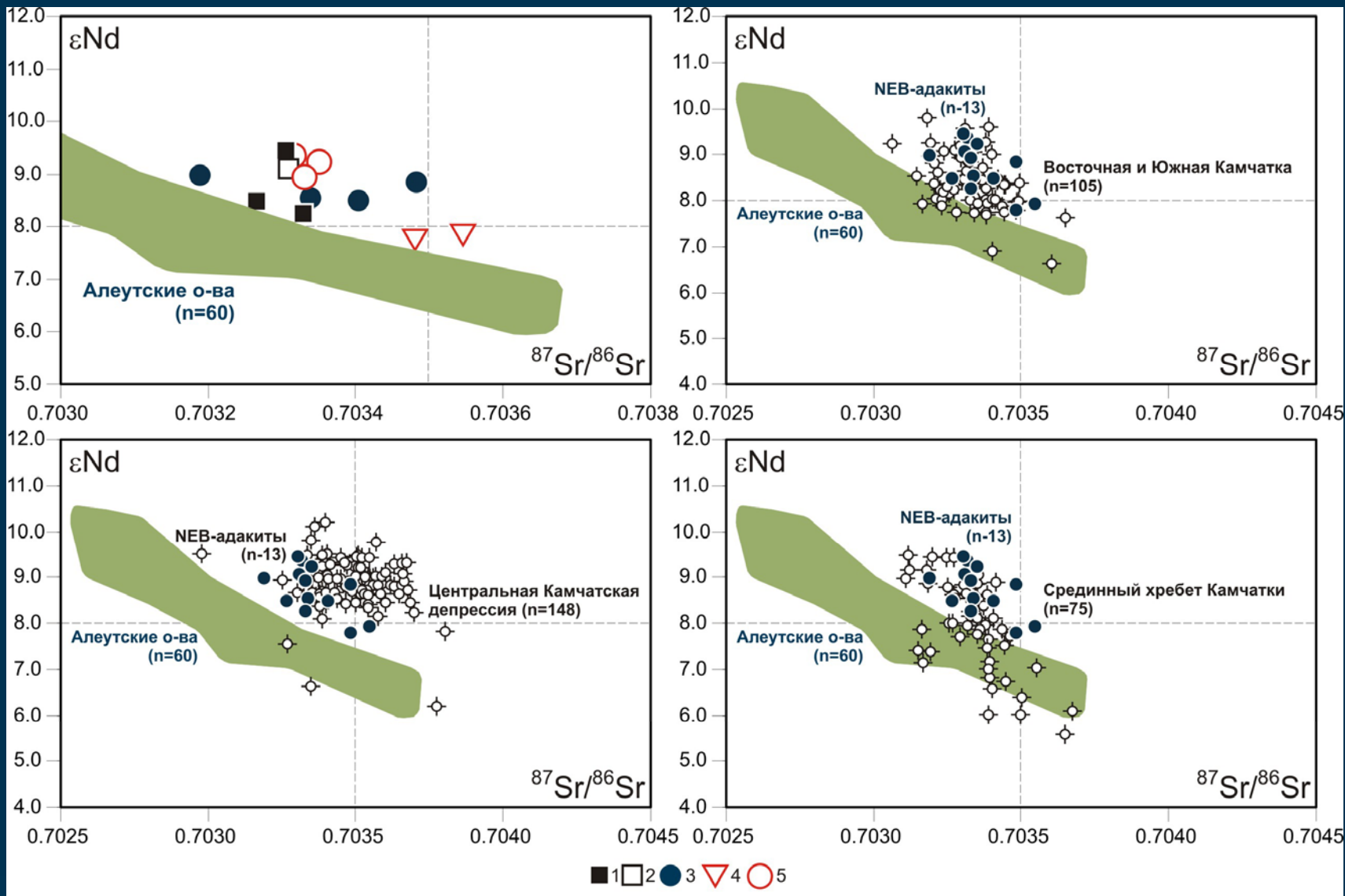
Порода / MORB





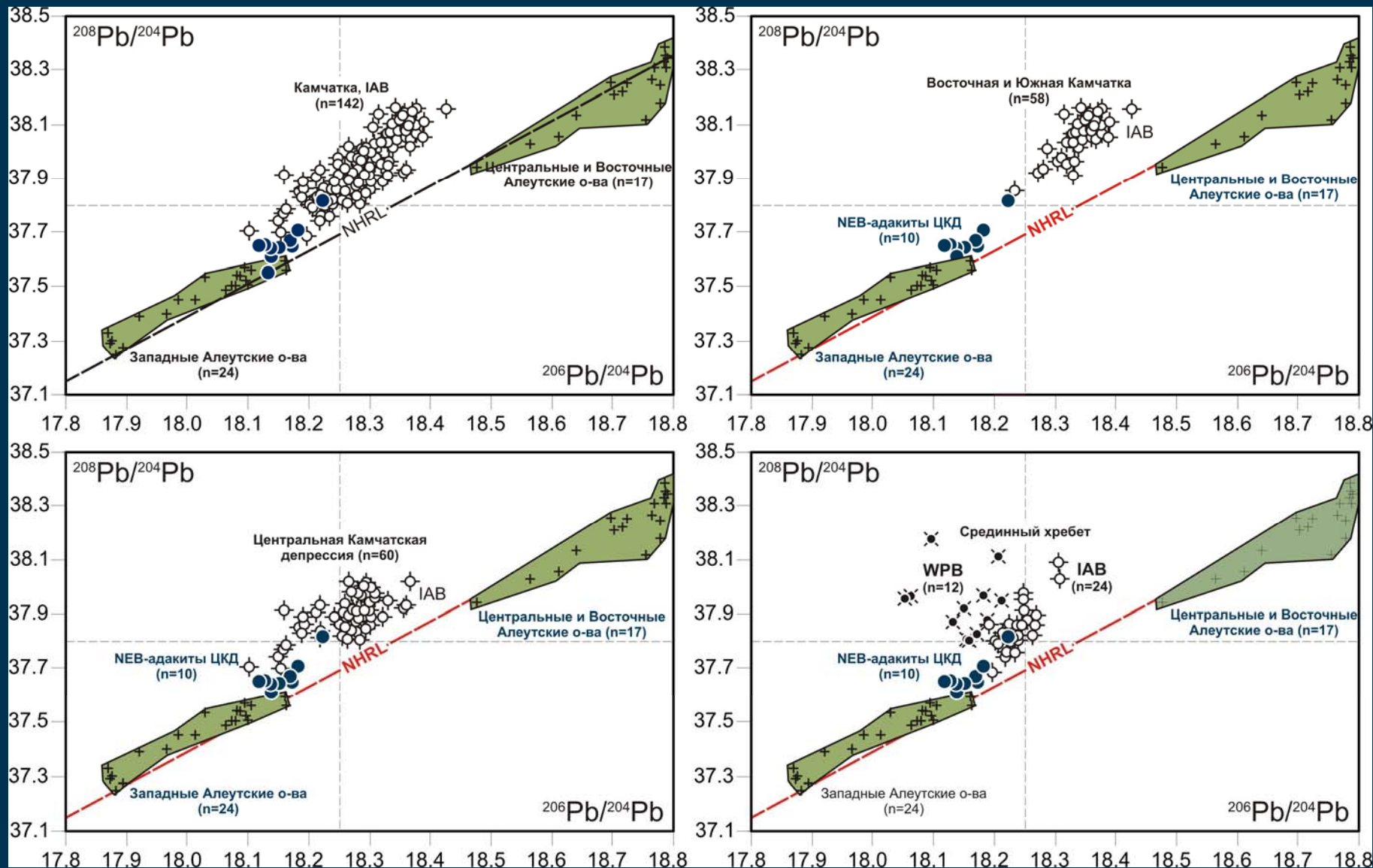


Изотопия Sr-Nd в вулканических породах Камчатки и Алеутских островов

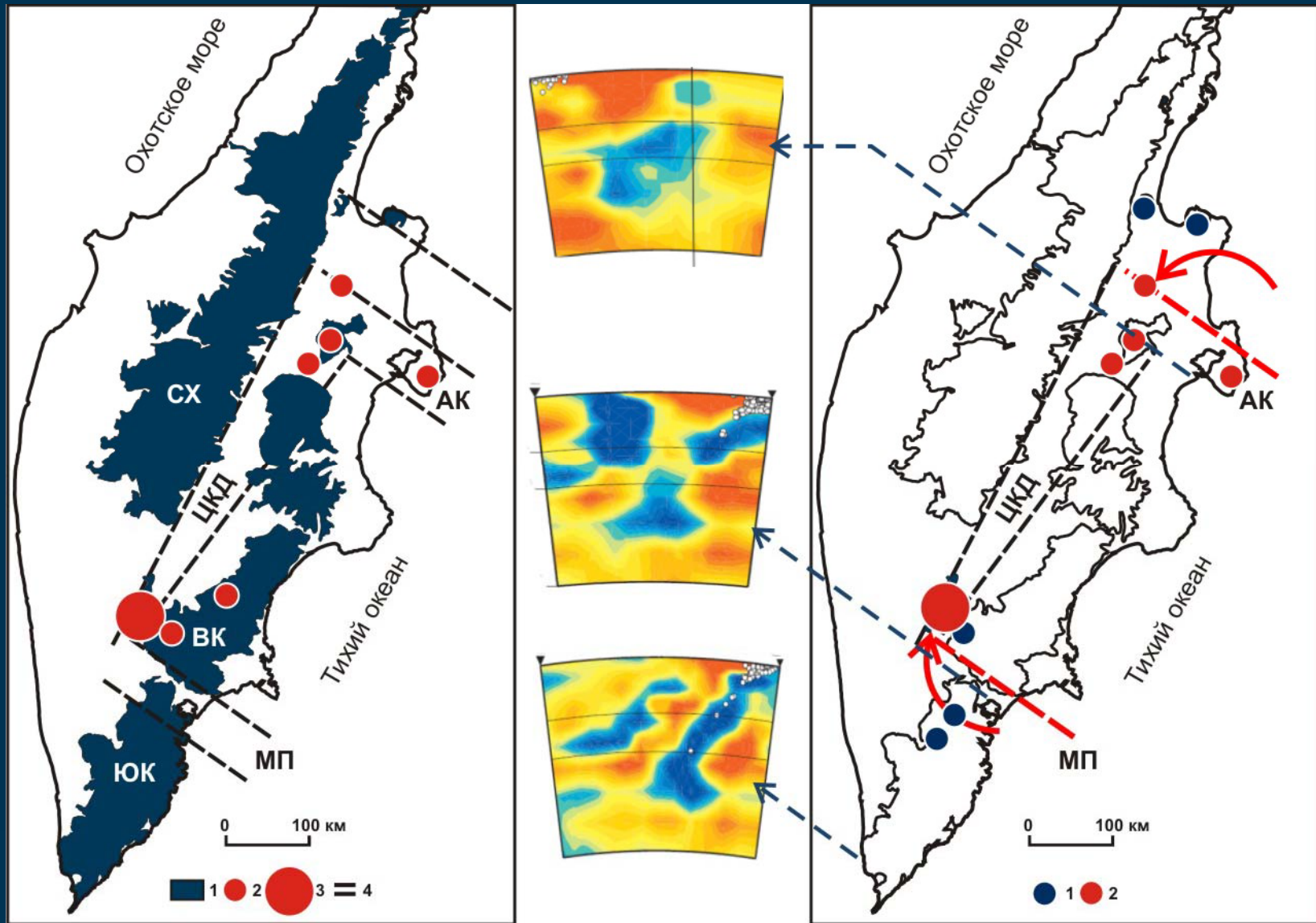


1 – Mg# андезито-базальты, 2 – Mg# андезиты, 3 – NEB, 4 – Amph-адакиты, 5 – PI-Срх-адакиты

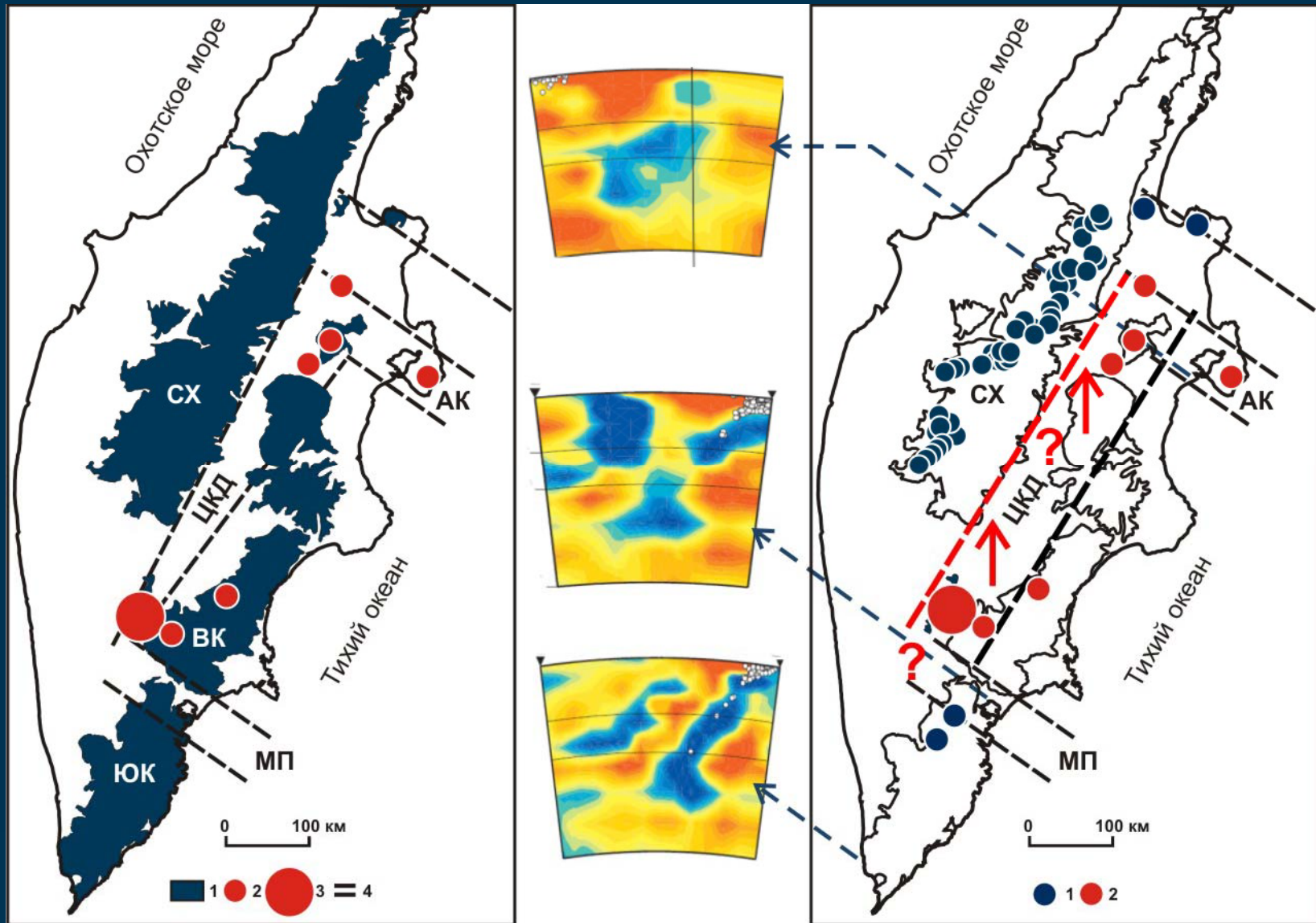
Изотопия Pb в вулканических породах Камчатки и Алеутских островов



Модели и условия происхождения магнезиального андезитового и NEB-адакитового вулканизма южного фланга ЦКД



Модели и условия происхождения магнезиального андезитового и NEV-адакитового вулканизма южного фланга ЦКД



ВЫВОДЫ

1. На южном фланге Центральной Камчатской Депрессии в плиоцене происходило развитие NEB`-адакитового и Mg# андезито-базальт-андезитового вулканизма примитивного типа. Эти данные находятся в противоречии с выводами предшествующих исследований о исключительности развития магматизма такого типа в Северном сегменте Камчатки и требуют петрологического и геодинамического обоснования.
2. Особенности составов пород и их минеральных парагенезисов, а также расчетные параметры P-T условий равновесия и кристаллизации магм свидетельствуют о последовательном формировании вначале относительно высокобарических магм NEB типа и затем относительно низкобарических и низкотемпературных Mg# андезито-базальтовых магм.
3. Формирование адакитовых и затем Mg# андезитовых магм в составе ассоциаций в связи с присутствием в виде включений в субликвидусных минеральных фазах (бронзиты) кислого высококалийевого и трондъемитового стекла и неравновесных минеральных парагенезисов Amph-Ol (Fo 88-80) свидетельствует о гибридном происхождении пород – продуктов взаимодействия NEB и Mg# андезито-базальтовых магм с кремнекислыми примитивными расплавами.
4. Изотопно-геохимические особенности пород NEB-адакит-Mg# андезитовой ассоциации южного фланга ЦКД указывают на их принципиальные отличия от пород IAB типа Камчатки, выраженные, прежде всего, в наиболее примитивном составе изотопных характеристик Rb, близком к породам Западно-Алеутского сегмента Пацифики.
5. Устанавливается пространственная и, вероятно, генетическая связь NEB-адакит-Mg# андезитового вулканизма Центральной Камчатской Депрессии с мегаплагиофировым глиноземистым базальтоидным вулканизмом, характерным для этой тектонической структуры на всем ее протяжении.

ВЫВОДЫ

6. Геодинамические модели развития островодужной системы Камчатки и формирования Центральной Камчатской Депрессии в связи с обнаружением на ее южном фланге NEB – адакит-Mg# андезитовых вулканических комплексов могут быть рассмотрены с позиций магматической активности в плиоцене Малко-Петропавловской зоны поперечных дислокаций, как трансформной структуры, фиксирующей этап смещения в северо-западном направлении сегмента Центральной Камчатки. Участие в процессах магмообразования мантийных обогащенных магм и процессов плавления краевой зоны океанической плиты Кула фиксируются на этом и более поздних этапах в проявлении высокотитнистых базальтоидов и NEB_адакитовых магм вблизи разломной структуры.
7. Другой возможной моделью геодинамического развития Центральной Камчатской Депрессии и проявления на ее южном фланге NEB-адакитового и примитивного Mg# андезитового вулканизма могло быть предстание о существовании астеносферного окна на границы палеослэба Кула и субдуцируемой, начиная с позднего миоцена, Тихоокеанской океанической плиты. В этом случае необходимы данные о развитии примитивного андезитоидного и NEB вулканизма на всем протяжении ЦКД по ее западному ограничению. Таких данных в настоящее время нет.